

論文

## 天敵微生物 *Beauveria bassiana* による マツノマダラカミキリ成虫駆除試験

福井 修二

Microbial control of adults of the Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus*,  
using nonwoven fabric strips containing *Beauveria bassiana*

Shuji Fukui

### 要 旨

天敵微生物 *Beauveria bassiana* を培養した不織布製剤を野外の網室内に集積したマツ材線虫病被害丸太上に設置して、さらにシートで被覆してマツノマダラカミキリ成虫の駆除効果を検討した。不織布製剤を設置した試験区のカミキリ成虫の平均生存日数は対照区に比較べて1/2~1/8に短縮し、捕獲後14日以内の死亡率は50~100%と高率であり、死体からは高率に *B. bassiana* の菌そうが発生した。また、*B. bassiana* に感染したマツノマダラカミキリは生存日数が短くなり、後食量が著しく減少した。被害丸太に不織布製剤を設置した後に、人為的に孔を開けないシートで被覆して優れた駆除効果を得た。不織布製剤はマツノマダラカミキリ成虫に対して高い駆除効果を示すばかりでなく、後食行動を抑制することによる材線虫病予防効果も期待できる。

### I はじめに

昆虫病原糸状菌 *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin による害虫駆除は環境等への負荷が少ない防除法の一つとして注目され、マツ材線虫病の病原であるマツノザイセンチュウ (*Brusaphelenchus xylophilus*) (Steiner & Buhner) Nickle の媒介者であるマツノマダラカミキリ (*Monochamus alternatus* Hope) (以下「カミキリ」と略記) の駆除に利用する研究も行われた。当初は幼虫殺虫に利用が試みられたが、効果は不安定であり、高い駆除効果を得るためには *B. bassiana* を被害丸太に多量に施用する必要がある、実用的な殺虫効果を得ることは困難であると報告された (島津ら1982, 井ノ上ら1983)。

樋口・中島 (1999) は *B. bassiana* をシート状の不織布に培養した製剤 (以下「不織布製剤」と略記) をカミ

キリ成虫脱出前に集積した被害丸太の上に設置してさらにシートを被覆して、脱出カミキリの70%以上が14日に死亡したことを報告した。興津ら (2000) は菌に感染したカミキリの生存日数が減少して、産卵数が減少することを示唆した。また、岡部ら (2001) は駆除効果を高める方法と感染したカミキリの後食量が減少することを報告した。

本試験では不織布製剤を利用したカミキリ駆除効果を確認し、また施用方法を変えて殺虫効果を調査してその実用性を検討した。

試験を実施するにあたり、不織布製剤等の材料の提供をいただいた日東電工株式会社の樋口俊男氏、井筒屋化学株式会社の岡部武治氏に厚く御礼申し上げる。

## II 材料と試験方法

### 1. 材料

マツノマダラカミキリの寄生を認めたマツ材線虫病枯死木を2003年には江津市黒松町（クロマツ）、出雲市野崎町（アカマツ）、松江市宍道町宍道（クロマツ）また、2004年は江津市黒松町（クロマツ）から入手した。枯死木は伐倒して長さ1mに玉切りして、中央直径4～22cmの丸太として用いた。供試丸太は2003年は5月22日、2004年は5月27日に飯石郡飯南町上来島、中山間地域研究センター構内の野外網室（縦2m×横2m×高さ2m、縦2m×横1m×高さ2m）内に集積した。供試丸太の集積容量は1区につき2003年には0.4m<sup>3</sup>、2004年には0.2m<sup>3</sup>とした。供試丸太は1区につき2003年には62～81本、2004年には32～42本用いた。

供試した不織布製剤は幅5cm×長さ50cm×厚さ0.15cmの不織布に*B. Bassiana*を培養した製剤（日東電工株式会社製）であり、集積した供試木の上面に被害材積0.1m<sup>3</sup>当たり1枚の不織布製剤を設置した。2003年は入手した不織布製剤を4本、2004年は縦長に半分に切断したものを4本固定した。不織布製剤は集積した供試丸太の上面にほぼ等間隔にガンタッカーで固定した。

### 2. 試験方法

試験区は以下のものを設けた（図1、写真1、2）。

菌単用区：不織布製剤のみ設置し、シート無被覆。

閉鎖シート区：不織布製剤を設置してシートを被

覆。

開孔シート区：不織布製剤を設置してシートを被覆して、集積材の木口面上部の両側に直径15cmの孔を設ける。

対照区：不織布製剤を無設置、シート無被覆。

供試丸太のシート被覆は2003年にはポリエチレン製ブルーシートを用い、シートの裾を集積した被害材の最下部に折り込んだ。2004年は生分解性シートを用いて、シートの裾を折り込まず、地面に15cm触れる程度に被覆した。試験区は2004年に不織布製剤を設置した3区では2回反復したが、2003年の試験区と2003年と2004年の対照区では反復しなかった。

網室内のカミキリは原則としてほぼ毎日捕獲した。網室の天井、壁面、被覆シートの外面上に静止した個体を捕獲したが、菌単用区と対照区では天井、壁面に静止したもののみ捕獲して、丸太上からは捕獲しなかった。捕獲したカミキリは個体毎に円形ポリ容器（上部直径10.5cm、下部直径9.5cm、高さ4.5cm）に直径3mm程の通気口を6か所開けたものに入れ、マツ枝を餌として与えた。

生存日数は捕獲初日を1日目として死亡した日の前日までとした。既往の研究により、カミキリが性的に成熟して産卵を開始するのは、羽化脱出後14日程度を要することが知られている（岸，1988）。そこで、14日以内に死亡した個体を駆除効果があるものとして、捕獲後14日以内の死亡率（捕獲後の生存日数が14日以内の個体/捕

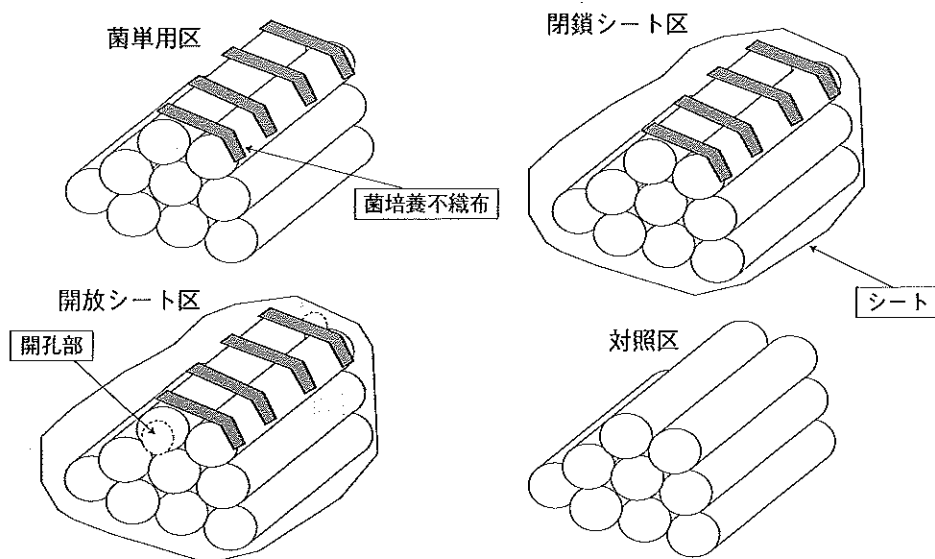


図1 *Beauveria bassiana*培養不織布製剤の設置状況

獲数)を調査した。カミキリ飼育時の餌は2003年にはアカマツ、2004年にはクロマツの針葉を除去した2~3年生の枝を与えた。枝の樹皮が食べ尽くされる前に新しいものを与えた。後食量の測定は後食痕の長さと同最大幅を測定して、森本・岩崎ら(1977)の計算式に従い算出した。

死亡したカミキリは直径9cmのガラスシャーレ内に湿らせた濾紙を敷いた上に置いて蓋をして、25℃に調整した恒温器内に入れた(写真3)。その後、30日間死虫の体表面に現れる菌そう(写真4)の有無を観察した。

捕獲終了後(2003年9月29日、2004年10月4日)に被覆シートにカミキリが脱出する際に開けた孔の数と、供試丸太の脱出孔数を調査した。

### Ⅲ 結 果

#### 1. カミキリの捕獲状況

カミキリの捕獲は2003年は6月23日から、2004年は6月14日から始まり、兩年とも不織布製剤の設置後半月以上経過した。捕獲期間は2003年が、57日間、2004年は37日間であった。50%捕獲日は2004年が6月27日~7月9日で短期間に集中したが、2003年は7月2日~7月22日で分散した。2003年の脱出孔数は41~238孔であったのに対して捕獲数は32~197頭であり、捕獲率は対照区が91%と最も高く、開孔シート区、菌単用区がこれに次ぎ、閉鎖シート区が最も低く38%であった。

2004年の脱出孔数は26~93孔であったのに対して捕獲数は24~59頭であり、捕獲率は開孔シート区と対照区が82~92%と高く、菌単用区がこれに次ぎ、閉鎖シート区が最も低く35%であった(表1)。

試験終了後に集積丸太を移動した際、多数のカミキリ

表1 マツノマダラカミキリ成虫の捕獲状況

年	試験区	脱出孔数	捕獲数	捕獲率 (%)	捕獲の経過(月/日)		
					初日	50%捕獲	最終
2003	菌単用	41	33	80.5	6/23	7/2	8/1
	閉鎖シート	205	78	38.0	6/23	7/17	7/28
	開孔シート	238	197	82.8	6/25	7/10	8/7
	対 照	133	120	90.2	6/23	7/22	8/18
2004	菌単用-1	73	41	56.2	6/17	7/5	7/18
	" -2	72	45	62.5	6/20	7/9	7/23
	閉鎖シート-1	93	49	52.7	6/18	6/27	7/10
	" -2	91	32	35.2	6/20	7/1	7/15
	開孔シート-1	67	55	82.1	6/14	6/27	7/12
	" -2	26	24	92.3	6/20	7/5	7/21
	対 照	66	59	89.4	6/17	7/5	7/23

の死骸があり、それらの中には*B.bassiana*の菌そうが発生しているものを認めた。また、カミキリがシートを喰い破って脱出した孔を開孔シート区では2~3孔、閉鎖シート区では7~14個認めた。

#### 2. 捕獲したカミキリの生存日数

平均生存日数は対照区では31~43日であった。これに対して菌単用区では10~15日、シート被覆区では4~14日、開孔シート区では5~9日であり、不織布製剤を設置した区では著しく短かった(表2)。各個体の生存日数にはばらつきが大きく、対照区では1~105日、菌単用区では1~61日、閉鎖シート区では1~79日、開孔シート区では1~75日であった。

#### 3. 捕獲後14日以内のカミキリ死亡率

捕獲後14日以内の死亡率は対照区が17~18%であった。これに対して、菌単用区では51~82%と高率であり、また、閉鎖シート区では81~94%、開孔シート区では92~100%と著しく高率であった(図2)。

#### 4. *B.bassiana*菌そう発生率

捕獲後14日以内に死亡したカミキリから発生した*B.bassiana*の菌そう発生率は対照区が0%であった。これに対して、菌単用区では43~55%と高率であり、また、閉鎖シート区では59~87%、開孔シート区では72.2~81.9%と著しく高率であった(図3)。

#### 5. 不織布製剤の殺虫効果維持期間

閉鎖シート区で捕獲したカミキリについて、捕獲後14日以内の死亡率と*B.bassiana*の菌そう発生率の経過を

表2 マツノマダラカミキリ成虫の平均生存日数

年	試験区	平均生存日数	
		平均生存日数	標準偏差
2003	菌単用	10.0	11.1
	閉鎖シート	13.5	19.0
	開孔シート	8.6	10.7
	対 照	42.6	26.2
2004	菌単用-1	16.3	14.6
	" -2	13.2	14.1
	閉鎖シート-1	7.5	5.1
	" -2	3.8	6.9
	開孔シート-1	5.4	3.7
	" -2	5.2	3.3
対 照	31.1	16.4	

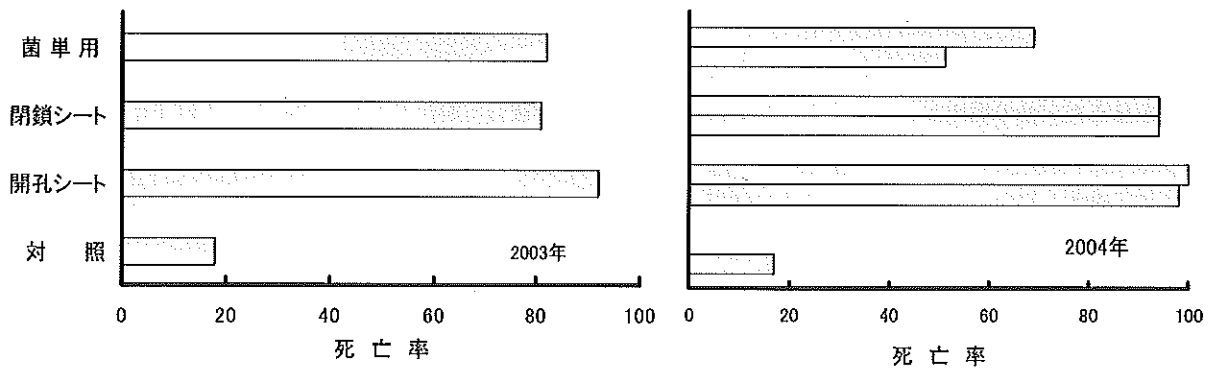


図2 捕獲後14日以内のマツノマダラカミキリ成虫の死亡率

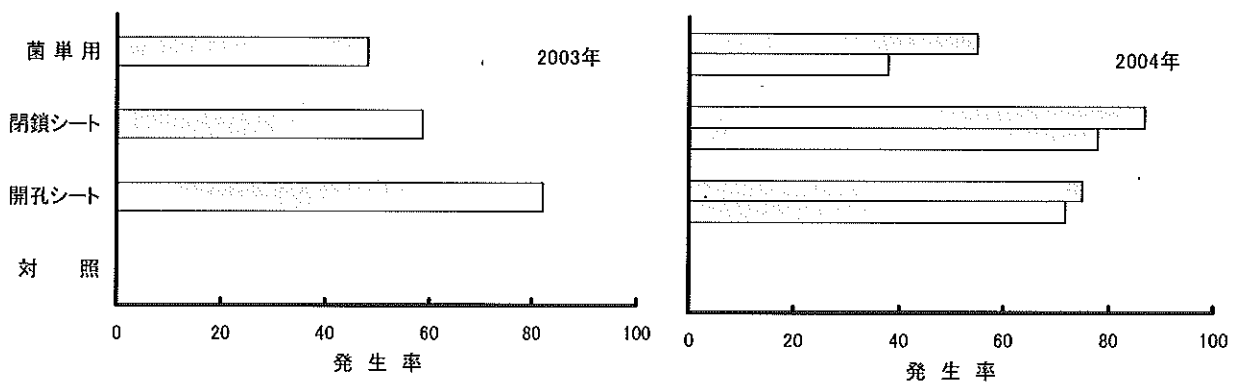


図3 捕獲後14日以内に死亡したマツノマダラカミキリ成虫の*Beauveria bassiana*菌そう発生率

表3 捕獲したマツノマダラカミキリの菌そう発生の経過 (閉鎖シート区)

年	経過日数	全捕獲数	14日以内死亡率	菌そう発生率
2003	31 ~ 35	5	80.0	100.0
	36 ~ 40	10	80.0	75.0
	41 ~ 45	4	75.0	100.0
	46 ~ 50	25	80.0	60.0
	51 ~ 55	19	84.2	43.8
	56 ~ 60	10	80.0	62.5
	61 ~ 65	5	80.0	25.0
2004 区-1	16 ~ 20	6	100.0	83.3
	21 ~ 25	10	100.0	90.0
	26 ~ 30	2	100.0	100.0
	31 ~ 35	22	100.0	68.2
	36 ~ 40	7	85.7	83.3
2004 区-2	41 ~ 45	2	0.0	-
	21 ~ 25	3	100.0	100.0
	26 ~ 30	4	100.0	50.0
	31 ~ 35	9	88.9	100.0
	36 ~ 40	7	100.0	85.7
	41 ~ 45	5	80.0	100.0
	46 ~ 50	3	66.7	100.0
	51 ~ 55	1	100.0	100.0

みると、2003年は65日後まで死亡率は75~100%以上、菌そう発生率は45日までは75~100%と高率であった。しかし、46日以降の菌そう発生率は25~63%に低下した。2004年は捕獲後55日まで死亡率、菌そう発生率ともに

80%以上と高率であった(表3)。

#### 6. 捕獲したカミキリの後食量

対照区の平均後食面積36~42cm<sup>2</sup>であったのに対して、菌単用区では4~6cm<sup>2</sup>、シート被覆区で2~8cm<sup>2</sup>、開孔シート区では2~4cm<sup>2</sup>と小面積であった。なお、いずれの区においても捕獲個体ごとの後食面積のばらつきが大きかった(表4)。

表4 マツノマダラカミキリの平均後食量

年	試験区	平均後食面積(cm <sup>2</sup> )	標準偏差
2003	菌単用	4.4	7.5
	閉鎖シート	7.6	16.8
	開孔シート	4.2	10.2
	対照	35.1	28.8
2004	菌単用-1	6.0	6.2
	"-2	5.1	5.9
	閉鎖シート-1	1.7	2.3
	"-2	2.1	3.5
	開孔シート-1	1.7	1.4
	"-2	2.1	3.2
	対照	12.7	8.8

## IV 考 察

*B. bassiana*を培養した不織布製剤を設置した試験区ではカミキリの捕獲率が低かったが、これは集積した丸太の隙間や下部からカミキリの死骸が見いだされたので、多くが*B. bassiana*に感染して飛翔せずに死亡したものと推察する。また、対照区に比較して不織布製剤を設置した試験区のカミキリの平均生存日数は1/2~1/8に短縮し、捕獲したカミキリの14日以内の死亡率は50~100%であり、また死亡個体からは菌そうが高率に発生した。これらは不織布製剤の設置によって高率にカミキリを駆除したことを示す。

不織布製剤の設置によって*B. bassiana*に感染したカミキリは生存日数が短くなり、後食量は著しく減少した。マツ材線虫病の病原はマツノマダラカミキリによって媒介され、カミキリが後食時に枝に付ける傷から樹体内に侵入するため、この後食面積が少なければ感染する危険は低くなる。不織布製剤の設置は後食を抑制する効果があり、枯損防止効果が期待できる。岡部ら(2001)はカミキリを不織布製剤に強制接触させた後にマツ苗木を置いた網室内に放虫して、接触せずに放虫した対照区のマツ苗が100%の枯死率であったのに対して、接触して放虫した区のマツ苗の枯死率は25%に留まったと報告している。

不織布を設置した各試験区の防除効果の差を見ると、菌単用区ではシートを被覆した2区に比べて捕獲したカミキリの生存日数は長く、捕獲後14日以内のカミキリ死亡率が低く、*B. bassiana*菌そうの発生率が低かった。シート被覆をしないためにカミキリが脱出後直ちに丸太から飛翔するために不織布製剤に接触する機会が低下したためと考える。また、これによってシート被覆をした区に比べて生存日数は長期化して、平均後食量も増加したと推察する。不織布製剤のみの設置では安定した駆除効果は期待できない。

シートを被覆した2区では平均生存日数と菌そうの発生率はほぼ同様であり、閉鎖シート区では開孔シート区に比べて捕獲後14日以内の死亡率はやや低かったが、捕獲率は1/2に過ぎなかった。なお、後食量はいずれの処理区でも同様に低かった。したがって、不織布製剤を設置した後にシートを被覆すること、またこのシートに人為的に開孔しないことが最も効果的な方法であると考え

る。なお、閉鎖シート区の捕獲率は最も低かったが、これはシートが物理的な障壁となって、カミキリが容易に脱出できないこと、またシート内部での停留が長期化して不織布製剤に接触して感染・死亡する個体が多くなったと考える。

閉鎖シート区の捕獲後14日以内の死亡率は開放シート区よりやや劣った。閉鎖シート区でのカミキリの捕獲数はシートに開けられた孔の数の4~6倍あり、脱出するカミキリの多数は既に開けられた孔を利用して脱出するが、このときに最寄りの孔から脱出して、設置した不織布製剤に触れずに感染を免れた個体があったと考える。一方、開孔シート区ではカミキリの捕獲率は高く、捕獲後14日以内の死亡率は最も高かった。カミキリの多くは人為的に開けた孔を利用して容易に脱出するために捕獲率は高くなるが、このとき開口部の最寄りに設置された不織布製剤付近を通過するために不織布製剤に接触する機会が多くなり死亡率が高くなったと考える。

不織布製剤を設置した各試験区で捕獲したカミキリには生存期間が30日を超えるものがあった。これらは不織布製剤周辺に移動しなかったことによって感染を免れた個体と推測する。駆除効果をさらに高めるためには、カミキリを不織布製剤に接触させる機会を増やす工夫が必要であると考えられる。

捕獲後14日以内に死亡したカミキリに菌そうの発生が見られない個体があった。対照区でも14日以内に17~18%が死亡しているので、*B. bassiana*の感染以外の何らかの要因によって死亡したと考える。また、興津ら(2005)は不織布製剤を設置したにもかかわらず菌そうの発生がない死亡個体について統計解析を行い、*B. bassiana*に起因する死亡要因に影響されていたことを示唆しており、感染・死亡後に、何らかの理由によって菌そうが発生しなかったものが含まれると考える。

岡部ら(2001)は1か月使用した不織布製剤へ強制接触させたカミキリの平均生存日数は6日と短く、高い殺虫効果が得られたことを報告している。本試験では設置後50日を経過するまでは80%の死亡率と60%以上の菌そう発生率を維持しており、不織布製剤の殺虫効果は設置後2か月程度持続すると考える。

本法の利点は生物である天敵を利用するものであり、環境への負荷が小さい方法であることである。また、設

置には、燻蒸処理とほぼ共通した作業工程を要するが、密閉する必要はないので、労力・経費は軽減される。

本試験は標高440mの冷涼な場所で、直射光が当たらない網室内において実施して高い駆除効果を得た。今後は菌の劣化防止や殺虫効果の向上を図り、また秋・冬期の施用や高温にさらされる疎林状態での海岸林など、各種状況下での検証が必要である。

## 引用文献

島津光明・申田 保・片桐一正 (1982) 天敵微生物によるマツノマダラカミキリ防除試験—脱出直前の被害材の処理—。日林論, 93: 399-400.

井ノ上二郎・周藤靖雄・山田栄一 (1983) マツノマダラカミキリの天敵調査と天敵微生物によるマツノマダラカミキリ殺虫試験。島根林技研報34: 29-37

樋口俊男・中嶋清明 (1999) 昆虫病原糸状菌*Beauveria bassiana*を培養したシート型不織布製剤によるマツノマダラカミキリ成虫駆除の可能性。応動昆講旨43:

26

森本 桂・岩崎 厚 (1977) マツノマダラカミキリに関する研究 (XXII) —飼育容器内での後食量—。日林九州研論30: 221-222

岡部武治・中嶋清明・高井一也・鈴木敏雄・樋口俊男 (2001) *Beauveria bassiana*を培養したシート型不織布製剤によるマツノマダラカミキリ成虫駆除。日林九支研論文集, 54: 115-116.

興津真行・岸 洋一・高木よし子 (2000) *Beauveria bassiana*を培養したシート型不織布帯の施用によるマツノマダラカミキリ成虫の制御。日林誌 3: 276-280

岸 洋一 (1988) マツ材線虫病—マツくい虫—精説。127pp. トーマスカンパニー。東京

興津真行・谷脇 徹・大田郁夫・岸 洋一 (2005) ボーベリア菌培不織布帯を施用したマツ丸太から脱出したマツノマダラカミキリ成虫の野外条件下における高い死亡率。応動昆49 (4) : 223-230

Microbial control of adults of the Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus*,  
using nonwoven fabric strips containing *Beauveria bassiana*

Shuji Fukui

ABSTRACT

Control experiments using nonwoven fabric strips containing an entomogenous fungus, *Beauveria bassiana*, were conducted to kill adults of the Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus*. The strips containing the fungus were placed over infested pine logs, being covered with sheets in field cages. In the plots of the strips containing the fungus, survival days of adults were shortened by 1/8 to 1/2 of those in the control plot. Besides, mortality within 14 days was 50-100% of all the adults captured and the fungal hyphae developed on killed adults in high rate. The adults infected with the fungus were early killed and amount of the maturation feeding by them was significantly reduced. The highest control effect was obtained when the logs placing the strips over were covered with the sheet, on which no holes were artificially made. Not only the effect killing adults of the pine sawyer, but also the effect preventing the pine wilt disease due to suppress the maturation feeding are expected under the control practice applying the nonwoven fabric strips containing *B.bassiana*.

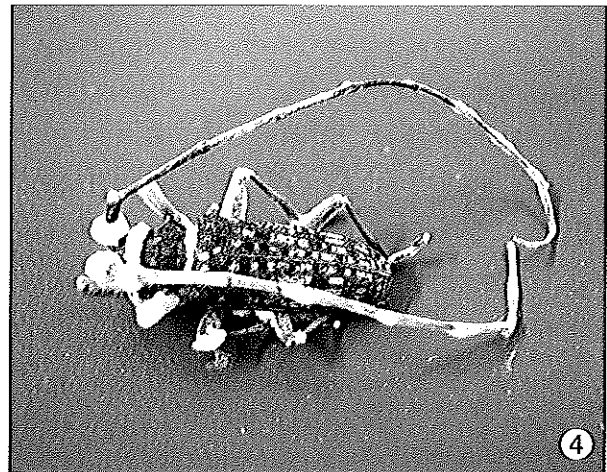
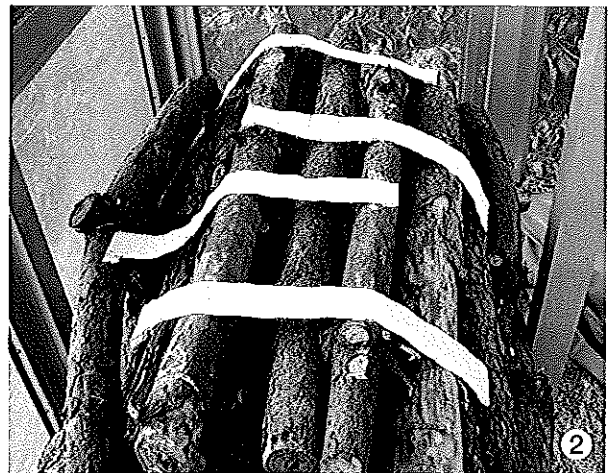


写真1 網室での試験状況（開孔シート区）

写真2 *B. bassiana*を培養した不織布製剤の設置状況

写真3 死虫からの菌そう発生状況調査

写真4 *B. bassiana*に感染・死亡したマツノマダラカミキリ（体節に白色の菌そうが発生）